

S3 1 PN="5-232410"
?t 3/5/1

3/5/1
DIALOG(R)File 347:JAPIO
(c) 2000 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

04240710 **Image available**
VARIABLE POWER OPTICAL SYSTEM WITH VIBRATION INSULATING FUNCTION

PUB. NO.: 05-232410 [JP 5232410 A]
PUBLISHED: September 10, 1993 (19930910)
INVENTOR(s): HAYAKAWA SHINGO
APPLICANT(s): CANON INC [000100] (A Japanese Company or Corporation), JP
(Japan)
APPL. NO.: 04-069447 [JP 9269447]
FILED: February 18, 1992 (19920218)
INTL CLASS: [5] G02B-027/64; G02B-015/20
JAPIO CLASS: 29.2 (PRECISION INSTRUMENTS -- Optical Equipment)
JOURNAL: Section: P, Section No. 1661, Vol. 17, No. 684, Pg. 111,
December 15, 1993 (19931215)

ABSTRACT

PURPOSE: To obtain excellent optical performance which is small in eccentric aberration by compensating the blur of an image by moving some lens groups at right angles to an optical axis, and specifying the refracting powers of respective groups.

CONSTITUTION: This optical system is provide with four lens groups which are a 1st group L(sub 1) with a positive refracting power, a 2nd group L(sub 2) with the negative refracting power, a 3rd group with the positive refracting power, and a 4th group L(sub 4) with the positive refracting power in order from the object side; and the power is varied from the wide-angle end to the telephoto side by increasing the interval between the 1st group L(sub 1) and 2nd group L(sub 2), variation of an image plane accompanying the power variation is compensated by moving the 3rd group L(sub 3) on the optical axis, and the blur of the photographic image is compensated by moving the 2nd group L(sub 2) at right angles to the optical axis. In this case, conditions shown by inequalities are satisfied, where ϕ_1 is the refracting power of the 1st group L(sub 1), ϕ_T the refracting power of the whole system at the telephoto end, ϕ_{T1} and ϕ_{T2} the composite refracting powers of the 1st group L(sub 1) and 2nd group L(sub 2) at the telephoto end, and P3 and P4 the totals of the Petzval's sums of the 3rd group L(sub 3) and 4th group L4 when the refracting power of the whole system is normalized into 1.

?

S4 1 PN="JP 5232410"
?t 4/3/1

4/3/1
DIALOG(R)File 345:Inpadoc/Fam.& Legal Stat
(c) 2000 EPO. All rts. reserv.

11394625

Basic Patent (No,Kind,Date): JP 5232410 A2 19930910 <No. of Patents: 002>

VARIABLE POWER OPTICAL SYSTEM WITH VIBRATION INSULATING FUNCTION (English
)

Patent Assignee: CANON KK

Author (Inventor): HAYAKAWA SHINGO

IPC: *G02B-027/64; G02B-015/20

JAPIO Reference No: 170684P000111

Language of Document: Japanese

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applic No	Kind	Date	
JP 5232410	A2	19930910	JP 9269447	A	19920218	(BASIC)
JP 3003370	B2	20000124	JP 9269447	A	19920218	

Priority Data (No,Kind,Date):

JP 9269447 A 19920218

?

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-232410

(43) 公開日 平成5年(1993)9月10日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 27/64		9120-2K		
15/20		8106-2K		

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平4-69447

(22) 出願日 平成4年(1992)2月18日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 早川 慎吾

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

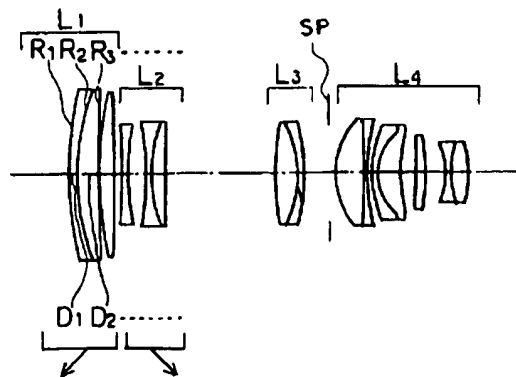
(74) 代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54) 【発明の名称】 防振機能を有した変倍光学系

(57) 【要約】

【目的】 振動による画像のブレを光学性能を良好に維持しつつ補正することができる防振機能を有した変倍光学系を得ること。

【構成】 物体側より順に正、負、正、そして正の屈折力の第1、第2、第3、第4群の4つのレンズ群を有し、広角端から望遠端への変倍を該第1群と第2群との間隔を増加させて行い、かつ変倍に伴う像面変動を該第3群を光軸上移動させて補正し、該第2群を光軸と垂直方向に移動させると共に該第2群の内部又は近傍の光軸上の一点を回転中心として微少回転させることにより撮影画像のブレを補正したこと。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側より順に正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群そして正の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、広角端から望遠端への変倍を該第1群と第2群との間隔を増加させて行い、かつ変倍に伴う像面変動を該第3群を光軸上移動させて補正し、該第2群を光軸と垂直方向に移動させて撮影画像のブレを補正すると共に、該第1群の屈折力を ϕ 1、望遠端における全系の屈折力を ϕ T、望遠端における該第1群と第2群の合成屈折力を ϕ T1、2、望遠端における全系の屈折力を1に正規化したときの該第3群のベッツパール和と第4群のベッツパール和との合計をP3、4としたとき

$$\begin{aligned} 2. \quad & 0 < \phi 1 / \phi T < 2.5 \\ & -2. \quad 0 < \phi T 1, 2 / \phi T < -1.0 \\ & 2. \quad 0 < P 3, 4 < 5.0 \end{aligned}$$

なる条件を満足することを特徴とする防振機能を有した変倍光学系。

【請求項2】 物体側より順に前記第1群は物体側に凸面を向けたメニスカス状の負の第11レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス状の正の第12レンズとを貼り合わせた接合レンズそして正の第13レンズの3つのレンズより成り、該第1群の第1番目のレンズ面の曲率半径をR1、1、該第1群の焦点距離をF1としたとき

$$\begin{aligned} 0. \quad & 6 < R 1, 1 / F 1 < 1.2 \\ 3. \quad & 0 < R 1, 3 / F 1 \end{aligned}$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項1の防振機能を有した変倍光学系。

【請求項3】 複数のレンズ群を有し、各レンズ群の間隔を変化させて変倍を行うと共に該複数のレンズ群のうち一部の負の屈折力のレンズ群を光軸と垂直方向に移動させると共に該レンズ群の内部又は近傍の点を回転中心として変倍状態と、該一部のレンズ群の移動量とに基づいて微小回転させることにより撮影画像のブレを補正したことを特徴とする防振機能を有した変倍光学系。

【請求項4】 物体側より順に正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群そして正の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、広角端から望遠端への変倍を該第1群と第2群との間隔を増加させて行い、かつ変倍に伴う像面変動を該第3群を光軸上移動させて補正し、該第2群を光軸と垂直方向に移動させると共に該第2群の内部又は近傍の光軸上の一点を回転中心として微小回転させることにより撮影画像のブレを補正したことを特徴とする防振機能を有した変倍光学系。

【請求項5】 前記該第1群の屈折力を ϕ 1、望遠端における全系の屈折力を ϕ T、望遠端における該第1群と前記第2群の合成屈折力を ϕ T1、2、望遠端における全系の屈折力を1に正規化したときの前記第3群のベッツパール和と前記第4群のベッツパール和との合計をP3、4としたとき

2

$$\begin{aligned} 2. \quad & 0 < \phi 1 / \phi T < 2.5 \\ & -2. \quad 0 < \phi T 1, 2 / \phi T < -1.0 \\ & 2. \quad 0 < P 3, 4 < 5.0 \end{aligned}$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項4の防振機能を有した変倍光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は振動による撮影画像のブレを補正する機能、所謂防振機能を有した変倍光学系に関し、特に防振用の可動レンズ群を例えば光軸と直交する方向に移動させて、又は光軸と直交する方向に移動させると共に光軸上の一点を回転中心として回転させて防振効果を発揮させたときの光学性能の低下の防止を図った防振機能を有した変倍光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 進行中の車や航空機等移動物体上から撮影をしようとするとき撮影系に振動が伝わり撮影画像にブレが生じる。

【0003】 従来より撮影画像のブレを防止する機能を有した防振光学系が、例えば特開昭50-80147号公報や特公昭56-21133号公報、特開昭61-223819号公報等で提案されている。

【0004】 特開昭50-80147号公報では2つのアフォーカルの変倍系を有するズームレンズにおいて第1の変倍系の角倍率を M_1 、第2の変倍系の角倍率を M_2 としたとき $M_1 = 1 - 1/M_2$ なる関係を有するように各変倍系で変倍を行うと共に、第2の変倍系を空間的に固定して画像のブレを補正して画像の安定化を図っている。

【0005】 特公昭56-21133号公報では光学装置の振動状態を検知する検知手段からの出力信号に応じて、一部の光学部材を振動による画像の振動的変位を相殺する方向に移動させることにより画像の安定化を図っている。

【0006】 特開昭61-223819号公報では最も被写体側に屈折型可変頂角プリズムを配置した撮影系において、撮影系の振動に対応させて該屈折型可変頂角プリズムの頂角を変化させて画像を偏向させて画像の安定化を図っている。

【0007】 この他、特公昭56-34847号公報、特公昭57-7414号公報等では撮影系の一部に振動に対して空間的に固定の光学部材を配置し、この光学部材の振動に対して生ずるプリズム作用を利用することにより撮影画像を偏向させ結像面上で静止画像を得ている。

【0008】 又、加速度センサーを利用して撮影系の振動を検出し、このとき得られる信号に応じ、撮影系の一部のレンズ群を光軸と直交する方向に振動させることにより静止画像を得る方法も行なわれている。

【0009】

3

【発明が解決しようとする課題】一般に撮影系の一部のレンズ群を振動させて撮影画像のブレをなくし、静止画像を得る機構には画像のブレの補正量が多いことやブレ補正の為に振動させるレンズ群（可動レンズ群）の移動量や回転量が少ないこと等が要望されている。

【0010】又、可動レンズ群を偏心させたとき偏心コマ、偏心非点収差、偏心色収差、そして偏心像面湾曲収差等が多く発生すると画像のブレを補正したとき偏心収差の為、画像がボケてくる。例えば偏心歪曲収差が多く発生すると光軸上の画像の移動量と周辺部の画像の移動量が異なってくる。この為、光軸上の画像を対象に画像のブレを補正しようと可動レンズ群を偏心させると、周辺部では画像のブレと同様な現象が発生してきて光学特性を著しく低下させる原因となってくる。

【0011】このように防振機能を有した変倍光学系においては可動レンズ群を光軸と直交する方向に移動させ、又はそれと共に光軸上の一点を回転中心として微小回転させて偏心状態にしたとき偏心収差発生量が少なく光学性能の低下の少ないこと、可動レンズ群の少ない移動量又は少ない回転量で大きな画像のブレを補正することができる、所謂偏心敏感度（単位移動量 ΔH に対する画像のブレの補正量 Δx との比 $\Delta x / \Delta H$ ）が多いこと等が要求されている。

【0012】しかしながら、以上の諸条件を全て満足させた変倍光学系を得るのは一般に大変困難で、特に変倍光学系の一部の屈折力を有したレンズ群を偏心させると光学性能が大きく低下し、良好なる画像が得られない欠点があった。

【0013】本発明は変倍光学系の一部のレンズ群を光軸と直交する方向に移動させて又はそれと共に光軸上の一点を回転中心として微小回転させて画像のブレを補正する際、可動レンズ群として小型軽量のレンズ群を用い、かつ少ない移動量又は回転量で大きな画像のブレを補正することができ、更に可動レンズ群を移動させて平行偏心又は/及び回転偏心させたときの前述の各種の偏心収差の発生量が少なく良好なる光学性能が得られる防振機能を有した変倍光学系の提供を目的とする。

【0014】

【課題を解決する為の手段】本発明の防振機能を有した変倍光学系は、(イ)物体側より順に正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群そして正の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、広角端から望遠端への変倍を該第1群と第2群との間隔を増加させて行い、かつ変倍に伴う像面変動を該第3群を光軸上移動させて補正し、該第2群を光軸と垂直方向に移動させて撮影画像のブレを補正すると共に、該第1群の屈折力を $\phi 1$ 、望遠端における全系の屈折力を ϕT 、望遠端における該第1群と第2群の合成屈折力を $\phi T1$ 、2、望遠端における全系の屈折力を正規化したときの該第3群のベッツパール和と第4群のベッツパール和との合計を

4

P3、4としたとき

$$2.0 < \phi 1 / \phi T < 2.5 \quad \dots\dots (1)$$

$$-2.0 < \phi T1, 2 / \phi T < -1.0 \quad \dots\dots (2)$$

$$2.0 < P3, 4 < 5.0 \quad \dots\dots (3)$$

なる条件を満足すること。

【0015】特に、物体側より順に前記第1群は物体側に凸面を向けたメニスカス状の負の第11レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス状の正の第12レンズとを貼り合わせた接合レンズそして正の第13レンズの3つのレンズより成り、該第1群の第1番目のレンズ面の曲率半径をR1、1、該第1群の焦点距離をF1としたとき

$$0.6 < R1, 1 / F1 < 1.2$$

$$3.0 < R1, 3 / F1$$

なる条件を満足すること。

【0016】(ロ)複数のレンズ群を有し、各レンズ群の間隔を変化させて変倍を行うと共に該複数のレンズ群のうち一部の負の屈折力のレンズ群を光軸と垂直方向に移動させると共に該レンズ群の内部又は近傍の点を回転中心として変倍状態と、該一部のレンズ群の移動量とに基づいて微小回転させることにより撮影画像のブレを補正したこと。

【0017】(ハ)物体側より順に正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群そして正の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、広角端から望遠端への変倍を該第1群と第2群との間隔を増加させて行い、かつ変倍に伴う像面変動を該第3群を光軸上移動させて補正し、該第2群を光軸と垂直方向に移動させると共に該第2群の内部又は近傍の光軸上の一点を回転中心として微小回転させることにより撮影画像のブレを補正したこと。

【0018】特に、前記該第1群の屈折力を $\phi 1$ 、望遠端における全系の屈折力を ϕT 、望遠端における該第1群と前記第2群の合成屈折力を $\phi T1$ 、2、望遠端における全系の屈折力を正規化したときの前記第3群のベッツパール和と前記第4群のベッツパール和との合計をP3、4としたとき

$$2.0 < \phi 1 / \phi T < 2.5$$

$$-2.0 < \phi T1, 2 / \phi T < -1.0$$

$$2.0 < P3, 4 < 5.0$$

なる条件を満足すること等の特徴としている。

【0019】

【実施例】図1、図2は各々本発明に係る変倍光学系の後述する数値実施例1、2のレンズ断面図である。

【0020】図中L1は正の屈折力の第1群、L2は負の屈折力の第2群である。広角端から望遠端への変倍に際しては、第1群を物体側へ移動させると共に第2群を像側へ移動させている。又撮影画像のブレを補正する為、第2群を光軸と直交方向に移動又はそれと共に光軸上の一点を回転中心にして微小回転させている。L3は

5

正の屈折力の第3群であり、変倍に伴う像面変動を補正する為に光軸上移動させている。SPは絞りである。1.4は正の屈折力の第4群であり、変倍の際には固定となっている。フォーカスは図1の実施例1では第1群を光軸上移動させ、図2の実施例2では第3群を光軸上移動させて行っている。

【0021】本実施例では振動や手ブレ等によって変倍光学系が傾いて、撮影画像にブレが生じたときは不図示の公知のブレ検出手段等によりこのときのブレを検出している。そして該ブレ検出手段からの出力信号に応じて不図示の駆動手段により第2群を光軸と直交する方向に移動又は光軸と直交する方向に移動させると共に第2群の光軸上の一点を回転中心として微少回転させている。これにより偏心収差の発生を少なくしつつ撮影画像のブレを補正している。

【0022】図3、図4、図5は各々本発明の数値実施例1の広角端、中間、望遠端での撮影倍率が約50倍のときの収差図である。収差図においてhは像高を示している。

【0023】図中(A)は偏心のない通常状態のときを示している。(B)は振動が1度あったとき振動補償をする為に第2群を光軸と直交する方向に平行偏心させたときを示している。(C)は振動が1度あったとき振動補償をする為に第2群を光軸と直交する方向に平行偏心させると共に第2群の最も物体側のレンズ面と光軸との交点を回転中心として元の光軸と平行偏心させた後の第2群の光軸を含む平面内で微少角度 θ 度だけ回転させたときを示している。

【0024】ここで θ は図3(C)の広角端のズーム位置のときは $\theta=0.15$ 度、図4(C)の中間のズーム位置のときは $\theta=0.2$ 度であり、図5の望遠端のときは平行偏心のみで十分に偏心収差が小さいので回転偏心は行っていない $\theta=0$ 度のときを示している。

【0025】本実施例では撮影画像のブレは第2群を平行偏心させるだけで偏心収差の発生量が少なく良好に補正することができるので十分であるが更に第2群を回転偏心させれば、より偏心収差の発生を少なくすることができ良好なる光学性能を維持することができる。

【0026】図6、図7、図8は本発明の数値実施例2の広角端、中間、望遠端での撮影倍率が約50倍のときの収差図である。収差図においてhは像高を示している。

【0027】図中(A)は偏心のない通常状態のときを示している。(B)は振動が1度あったとき振動補償をする為に第2群を光軸と直交する方向に平行偏心させたときを示している。(C)は振動が1度あったとき振動

6

補償をする為に第2群を光軸と直交する方向に平行偏心させると共に第2群の最も物体側のレンズ面と光軸との交点を回転中心として元の光軸と平行偏心させた後の第2群の光軸を含む平面内で微少角度 θ 度だけ回転させたときを示している。

【0028】ここで θ は図6(C)の広角端のズーム位置のときは $\theta=0.1$ 度、図7(C)の中間のズーム位置のときは $\theta=0.25$ 度であり、図8の望遠端のときは平行偏心のみで十分に偏心収差が小さいので回転偏心は行っていない $\theta=0$ 度のときを示している。

【0029】本実施例では撮影画像のブレは第2群を平行偏心させるだけで偏心収差の発生量が少なく良好に補正することができるので十分であるが更に第2群を回転偏心させれば、より偏心収差の発生を少なくすることができ良好なる光学性能を維持することができる。

【0030】次に本発明の防振機能を有した変倍光学系の光学的特徴について説明する。

【0031】一般に光学系の一部のレンズ群を平行偏心させて画像のブレを補正しようとするとき偏心収差の発生により結像性能が低下してくる。そこで次に任意の屈折力配置において可動レンズ群を光軸と直交する方向に移動させて画像のブレを補正するときの偏心収差の発生について収差論的な立場より、第23回応用物理学講演会(1962年)に松居より示された方法に基づいて説明する。

【0032】変倍光学系の一部のレンズ群Pを θ だけ平行偏心させたときの全系の収差量 ΔY_1 は(a)式の如く偏心前の収差量 ΔY と偏心によって発生した偏心収差量 $\Delta Y(E)$ との和になる。ここで収差量 ΔY は球面収差(I)、コマ収差(II)、非点収差(III)、ベッツバール和(P)、歪曲収差(Y)で表される。又偏心収差 $\Delta Y(E)$ は(C)式に示すように1次の偏心コマ収差(II E)、1次の偏心非点収差(III E)、1次の偏心像面湾曲(PE)、1次の偏心歪曲収差(VE1)、1次の偏心歪曲附加収差(VE2)、そして1次の原点移動(ΔE)で表される。

【0033】又(d)式から(i)式の(ΔE)~(VE_2)までの収差はレンズ群Pを平行偏心させる変倍光学系においてレンズ群Pへの光線の入射角を α_r 、 α_a 、 α_i としたときにレンズ群Pの収差係数 I_r 、 II_r 、 III_r 、 P_r 、 V_r と、又同様にレンズ群Pより像面側に配置したレンズ群を全体として1つの第qレンズ群としたときの収差係数を I_a 、 II_a 、 III_a 、 P_a 、 V_a を用いて表される。

【0034】

【数1】

$$\Delta Y_1 = \Delta Y + \Delta Y(E) \quad \dots\dots (a)$$

$$\Delta Y = - \frac{1}{2\alpha_K} \left[(N_1 \tan \omega)^3 \cos \phi \omega \cdot V \right. \\ \left. + (N_1 \tan \omega)^2 R \left\{ 2 \cos \phi \omega \cos(\phi_R - \phi \omega) \cdot III \right. \right. \\ \left. \left. + \cos \phi_R (III + P) \right\} + (N_1 \tan \omega) R^2 \left\{ 2 \cos \phi_R \cos(\phi_R - \phi \omega) \right. \right. \\ \left. \left. + \cos \phi \omega \right\} \cdot II + R^3 \cos \phi \cdot I \right] \quad \dots\dots (b)$$

$$\Delta Y(E) = - \frac{E}{2\alpha_K} \left[(N_1 \tan \omega)^2 \left\{ (2 + \cos 2\phi \omega) (VE1) - (VE2) \right\} \right. \\ \left. + 2(N_1 \tan \omega) R \left\{ \left\{ 2 \cos(\phi_R - \phi \omega) \right. \right. \right. \\ \left. \left. + \cos(\phi_R + \phi \omega) \right\} (IIIE) + \cos \phi_R \cos \phi \omega \cdot (PE) \right\} \\ \left. + R^2 (2 + \cos 2\phi_R) (IIE) \right] - \frac{E}{2\alpha_K} (\Delta E) \quad \dots\dots (c)$$

$$(\Delta E) = -2(\alpha'_P - \alpha_P) = -2 h_P \phi_P \quad \dots\dots (d)$$

$$(IIE) = \alpha_P II_Q - \alpha_P (II_P + II_Q) - \alpha_P I_Q + \alpha_P (I_P + I_Q) \\ = h_P \phi_P II_Q - \alpha_P II_P - (h_P \phi_P I_Q - \alpha_P I_P) \quad \dots\dots (e)$$

$$(IIIE) = \alpha'_P III_Q - \alpha_P (III_P + III_Q) - \alpha_P II_Q + \alpha_P (II_P + II_Q) \\ = h_P \phi_P III_Q - \alpha_P III_P - (h_P \phi_P II_Q - \alpha_P II_P) \quad \dots\dots (f)$$

$$(PE) = \alpha'_P P_Q - \alpha_P (P_P + P_Q) \\ = h_P \phi_P P_Q - \alpha_P P_P \quad \dots\dots (g)$$

$$(VE1) = \alpha'_r V_0 - \alpha_r (V_r + V_0) - \alpha_{ar} III_0 + \alpha_{ar} (III_r + III_0)$$

$$= h_r \phi_r V_0 - \alpha_r V_r - (h_{ar} \phi_r III_0 - \alpha_{ar} III_r) \quad \dots\dots (h)$$

$$(VE2) = \alpha_{ar} P_0 - \alpha_{ar} (P_r + P_0) \\ = h_{ar} \phi_r P_r - \alpha_{ar} P_r \quad \dots\dots (i)$$

以上の式から偏心収差の発生を小さくする為にはレンズ 50 の値とするか、若しくは (a) 式～(i) 式に示すよう
群 P の諸収差係数 I_r , II_r , III_r , P_r , V_r を小さく 50 に諸収差係数を互いに打ち消し合うようにバランス良く

設定することが必要となってくる。

【0035】次に本発明の防振機能を有した変倍光学系の光学的作用を図9に示した撮影光学系の一部のレンズ群を光軸と直交する方向に偏心駆動させて撮影画像の変位を補正する防振光学系を想定したモデルについて説明する。

【0036】まず十分に少ない偏心駆動量で十分に大きい変位補正を実現する為には上記の1次の原点移動(ΔE)を十分に大きくする必要がある。このことを踏まえた上で1次の偏心像面湾曲(PE)を補正する条件を考える。図9は撮影光学系を物体側から順に第o群、第p群、第q群の3つのレンズ群で構成し、このうち第p群を光軸と直交する方向に平行移動させて画像のブレを補正している。

【0037】ここで第o群、第p群、第q群の屈折力をそれぞれ ϕ_o 、 ϕ_p 、 ϕ_q とし、各レンズ群への近軸軸上光線と軸外光線の入射角を α 、 α_a 、近軸軸上光線と軸外光線の入射高を h 、 h_a 及び収差係数にも同様の suffix を付して表記する。又各レンズ群はそれぞれ少ないレンズ枚数で構成されるものとし、各収差係数はそれぞれ補正不足の傾向を示すものとする。

【0038】このような前提のもとに各レンズ群のベッツパール和に着目すると各レンズ群のベッツパール和 P_o 、 P_p 、 P_q は各レンズ群の屈折力 ϕ_o 、 ϕ_p 、 ϕ_q に比例し、略

$$P_o = C\phi_o$$

$$P_p = C\phi_p$$

$$P_q = C\phi_q \quad (\text{但し } C \text{ は定数})$$

なる関係を満足する。従って第p群を平行偏心させたときに発生する1次の偏心像面湾曲(PE)は上式と代入して次のように整理することができる。

$$【0039】(PE) = C\phi_p(h_o\phi_o - \alpha_o)$$

従って偏心像面湾曲(PE)を補正するためには $\phi_p = 0$ または $\phi_p = \alpha_o/h_o$ とすることが必要となる。ところが $\phi_p = 0$ とすると1次の原点移動(ΔE)が0となって変位補正ができなくなるため $\phi_p = \alpha_o/h_o$ を満足する解を求めなければならない。即ち $h_o > 0$ であるため、少なくとも α_o と ϕ_p を同符号とすることが必要となるわけである。

$$【0040】(イ) \quad \alpha_o > 0 \text{ のとき}$$

偏心像面湾曲の補正のため $\phi_p > 0$ 、又必然的に $\phi_o > 0$ となる。更にこのとき $\phi_p > 0$ とすると $0 < \alpha_o < \alpha_p < 1$ 、1次の原点移動(ΔE)は次のようになる。

$$【0041】(\Delta E) = -2(\alpha_p - \alpha_o) > -2$$

即ち偏心敏感度(偏心レンズ群の単位変位量に対する撮影画像のブレの変位量との比)が1より小さくなる。又前述のように $\phi_p = 0$ では偏心敏感度は0となる。従って、このような場合には $\phi_p < 0$ としなければならない。

$$【0042】(ロ) \quad \alpha_o < 0 \text{ のとき}$$

偏心像面湾曲(PE)の補正の $\phi_p < 0$ 、又必然的に $\phi_o < 0$ 、従って更に必然的に $\phi_p > 0$ となる。

【0043】以上より1次の原点移動(ΔE)を十分に大きくしつつ、1次の偏心像面湾曲(PE)を補正することの可能となる光学系の屈折力配置は次のようなものが適する。

【0044】

【表1】

レ ン ズ 群		o	p	q
屈折力配置	a	正	負	正
	b	負	正	負

このような屈折力配置のレンズ構成を図示すると、それぞれ図10(A)及び図12(B)のようになる。

【0045】次に望遠型の長焦点距離領域を含む変倍光学系(ズームレンズ)にこれらの屈折力配置を適用する。

【0046】望遠型のズームレンズを想定するのは画像のブレが画質を低下させやすい焦点距離領域を対象とし、防振機能がより効果的となる状況を想定した為である。

【0047】従来より望遠型のズームレンズとして、変倍に係わるレンズ群の屈折力配置が物体側から順に正、負、正、正という構成の4群ズームレンズがある。

【0048】この4群ズームレンズでは広角端から望遠端への変倍に際して主として変倍に寄与させるため、第1群あるいは第2群あるいは第1群と第2群の両方を光軸上で移動させると共に、主として像面位置を一定に保つため第3群を光軸上で移動させる構成としたものが広く知られている。

【0049】このような構成の望遠型のズームレンズはレンズ全長がやや長くなるものの、全ズーム域において諸収差を良好に補正することが比較的容易であり、又第4群をズーミングに際して固定とするため、ズーミングのための機構を第1、第2、第3群の周囲に配置するのみで十分であって、振動補償のために必要となる機構部品、例えば振動検知センサ、電源等を主として第4群の周囲に配置することによりレンズ外径の大型化を防ぐことができる。

【0050】次にこのような望遠型のズームレンズの一部のレンズ群を光軸と垂直な方向に移動させて振動補償を行う方法について説明する。

【0051】振動補償に適するレンズ群は装置の大型化を防ぐとともに振動補償を行った際の画質の劣化を防ぐために、外径の小さいレンズ群で前述の偏心敏感度が十分に大きく、かつ偏心収差の発生が少ないレンズ群である必要がある。これらの点に着目し、前述の望遠型のズームレンズの各レンズ群、又はその一部を振動補償のために用いることについて考察する。

【0052】

(1-1) 第1群又はその一部を用いる場合。

一般に前述の望遠型のズームレンズの第1群は比較的強い正の屈折力を持ち、第2、第3、第4群の合成屈折力は負となる。従ってこの場合は図10(B)のタイプから負の屈折力の第0群を削除したものに相当する。第1群へ入射する近軸光線の入射角 α_1 は物体距離に応じて変化するものの $\alpha_1 \leq 0$ となっているため、偏心像面湾曲(P E)の補正条件は満足する。

【0053】しかしながら第1群の外径は全レンズ群の中でも最も大きくなる傾向を持っており、そのためレンズ重量も重く、装置の小型化の妨げとなる点やレンズ駆動の負荷が大きくなるという点で問題があるため振動補償用のレンズ群としては適さない。

【0054】

(1-2) 第2群又はその一部を用いる場合。

第1群は比較的強い正の屈折力、第2群は強い負の屈折力を持ち、第3、第4群の合成屈折力は正となる。従ってこの場合は図10(A)のタイプに相当し、偏心像面湾曲(P E)の補正条件は満足する。又第2群は比較的レンズ外径が小さく、装置の小型化には適している。前述の偏心敏感度についても元来、屈折力の強いレンズ群であるため大きくし易いというメリットもある。

【0055】以上より第2群は振動補償用のレンズ群として適している。本発明はこのように第2群を振動補償用のレンズ群として光軸と垂直な方向に移動させるか、又はそれと共に光軸上の一点を回転中心として回転させている。

【0056】

(1-3) 第3群又はその一部を用いる場合。

第1、第2群の合成屈折力は広角端では強い負となり、望遠端でも弱い負となる傾向を持っている。又第3群は正の屈折力、第4群は比較的弱い正の屈折力を持っているため、このままでは前述の偏心像面湾曲(P E)の補正条件は満足しない。そこで第4群が比較的弱い正の屈折力を持ったレンズ群であることに着目して、このレンズ群のベッツパール和を負の値とすることにより、この問題を解決することも考えられるが、ズームによる諸収差の変動を補正するため第3群の屈折力をあまり強くできないために、前述の第2群を振動補償用のレンズ群として用いる場合と比べて前述の偏心敏感度を大きくすることができない。

【0057】又、この第3群を物体側から順に正レンズ群及び負レンズ群の2つのレンズ群に分割して、そのどちらかのレンズ群を振動補償に用いることによって偏心敏感度を大きくすることも考えられる。

【0058】しかしながら十分に大きい偏心敏感度を得るためには強い屈折力のレンズ群に分割することが必要となり、従って諸収差の発生を防止するために第3群を構成するレンズ枚数を多くすることが必要となって小型

化に適さなくなる。

【0059】以上より、第3群を振動補償用レンズ群として用いるのは前述の第2群を用いる場合と比べて劣っている。

【0060】

(1-4) 第4群又はその一部を用いる場合。

第1、第2、第3群の合成屈折力は、符号は特定できないが比較的弱い屈折力となり、略アフォーカルズームを構成する。又第4群は結像作用を有する正レンズ群となっているため、第4群全体を振動補償用のレンズ群として用いる場合は、前述の図10(B)のタイプの第0群、及び第q群の屈折力をいずれも0としたものに相当する。

【0061】従ってこの場合には諸偏心収差の補正は比較的容易となるが、前述の偏心敏感度が略1となり、十分な振動補償効果を得るために、大きなレンズ駆動が必要となるため、振動補償用のレンズ群として適さない。

【0062】そこで第4群を図10(A)、(B)に示したような構成、即ち物体側から順に正レンズ群、負レンズ群、正レンズ群の3つのレンズ群に分割して、分割された負レンズ群を用いて振動補償を行う構成、及び物体側から順に負レンズ群、正レンズ群、負レンズ群の3つのレンズ群に分割して、分割された正レンズ群を用いて振動補償を行う構成とすることが考えられる。

【0063】このような構成とすれば諸偏心収差の補正は可能となると推測されるが、このように第4群の構成を限定すると第4群の形状を適切にすることにより、レンズ全長を短くするという、この種の望遠型のズームレンズのコンパクト化のための手法を制限されることになり、レンズ全長のコンパクト化には適さなくなる。又第4群の適切な構成により、コンパクト化をも実現し得たとしても前述の第2群を振動補償用のレンズ群として用いる場合と比べて第4群の構成枚数を多くすることが必要となり、小型化あるいは低コスト化に適さないという問題もある。

【0064】以上説明したような理由から、本発明では物体側より順に正の屈折力を有する第1群、負の屈折力を有する第2群、正の屈折力を有する第3群及び正の屈折力を有する第4群より構成され、広角端から望遠端への変倍に際し、主として変倍に寄与させるため、前記第1群と前記第2群を互いの間隔を増加させながら光軸上で移動させると共に、主として像面位置を一定に保つために前記第3群を光軸上で移動させる変倍光学系において、前記第2群を光軸と垂直な方向に移動させるか、又はそれと共に光軸上の一点を回転中心として回転させることにより振動を補償する構成としている。

【0065】次にこのような振動補償変倍光学系において、前述の偏心敏感度、即ち1次の原点移動(ΔE)を十分に大きく保ちつつ、1次の偏心像面湾曲(P E)を十分に小さく補正する前述の条件式(1)~(3)につ

いて説明する。

【0066】尚、本発明においては特に振動補償効果が顕著となると共に偏心収差の発生が著しくなる望遠端を重視し、偏心収差補正のための条件を設定しているが、本発明の諸条件を満足する振動補償の変倍光学系を達成すれば広角端において同程度の角度まで振動補償を行っても、像面上での補償量が少ないために十分に良好な画像を得ることができる。

【0067】まず望遠端における偏心像面湾曲に着目する。望遠端の光学系全体の屈折力を1に正規化した際の第1群のベッツパール和を P_1 、第2群のベッツパール和を P_{11} 、第3群及び第4群のベッツパール和を P_{111} とすれば、各々のベッツパール和の符号は各レンズ群の屈折力に依存し、略次のようになる。

【0068】 $P_1 > 0$

$P_{11} < 0$

$P_{111} > 0$

又、像面湾曲を十分に補正するために、全系のベッツパール和 P を次の関係を略満足するように設定する必要がある。

【0069】 $P = P_1 + P_{11} + P_{111} \approx 0$

即ち

$P_1 \approx - (P_{11} + P_{111})$

一方、第1群と第2群は変倍に際して互いの間隔を変化させるように少なくとも一方が光軸上を移動するレンズ群である上に、特に第1群はレンズ外径が大きく、又第2群は振動補償にも用いるため、小型軽量化のために、どちらも可能な限り少ないレンズ枚数で構成する必要がある。

【0070】このような構成とした場合、各群のベッツパール和は略各群の屈折力と比例する関係となるが、通常このような望遠型のズームレンズの第2群の屈折力の絶対値は第1群の屈折力の絶対値の3～4倍程度となっており、従ってベッツパール和の関係も略同程度となっている。

【0071】そのため第1群のベッツパール和 P_1 と第3群及び第4群のベッツパール和 P_{111} の関係は通常、

$0 < P_1 < P_{111}$

となっている。

【0072】ベッツパール和の大小関係がこのような状況にあることを考慮して前述の偏心像面湾曲を表す式(g)の各項に注目し、第2群に入射する近軸光線の入射角及び第2群から射出し第3群に入射する近軸光線の入射角を適切に設定すれば偏心像面湾曲を良好に補正することができる。

【0073】本発明の条件式(1)、(2)、(3)は前述の関係を考慮し、諸収差を良好に補正しつつ、現実的に偏心像面湾曲を良好に補正するための条件を表す式である。

【0074】条件式(1)は望遠端の光学系全体の屈折力に対する第1群の屈折力の割合を表す式である。条件式(1)の下限値を越えて、第1群の屈折力が弱くなると第2群へ入射する近軸光線の入射角が小さくなり、偏心像面湾曲の補正が困難になると同時に変倍のための第1群と第2群の間隔変化量を大きくしなければならなくなつてレンズ全長が長くなる傾向を示す。

【0075】条件式(1)の上限値を越えて第1群の屈折力が強くなると第1群の諸収差係数の値を小さくすることが困難となり、従つて変倍に伴う諸収差の変動、特に球面収差、コマ収差等の変動を小さくすることが難しくなる。

【0076】条件式(2)は望遠端の光学系全体の屈折力に対する望遠端の第1群と第2群の合成屈折力の割合を表す式である。条件式(2)は条件式(1)と組み合わせることにより、望遠端における第1群と第2群の合成屈折力を規定するものであつて、偏心像面湾曲の補正を実現すると共に1次の原点移動(ΔE)、即ち偏心敏感度を十分に大きく保つための条件式である。

【0077】条件式(2)の下限値を越えて、望遠端の第1群と第2群の負の合成屈折力が強くなると第2群から射出し第3群へ入射する近軸光線の入射角が負の絶対値の大きな値となつて偏心像面湾曲の補正が困難となる。条件式(2)の上限値を越えて望遠端の第1群と第2群の負の合成屈折力が弱くなると偏心像面湾曲の補正は比較的容易とはなるが、第2群の屈折力を負の弱い値とすることが必要となつて偏心敏感度を十分に大きくすることができなくなる。

【0078】条件式(3)は望遠端における光学系全体の屈折力を1に正規化した際の第3群と第4群のベッツパール和の範囲を規定するものである。

【0079】条件式(3)の下限値を越えて、第3群と第4群のベッツパール和の値を小さくすると光学系全体のベッツパール和を適切な値とすることが困難となり、像面湾曲が補正過剰となつてしまう。条件式(3)の上限値を越えて第3群と第4群のベッツパール和の値を大きくすると像面湾曲を適切に補正しつつ偏心像面湾曲を補正することが困難となる。

【0080】本発明では以上説明したように、条件式(1)及び条件式(2)によつて第2群へ入射する近軸光線の入射角及び第3群へ入射する近軸光線の入射角を適切に設定すると共に条件式(3)によつて光学系全体のベッツパール和の配分を適切に設定することにより、諸収差を良好に補正しつつ特に振動補償効果が顕著となる望遠端において、前述の(g)式に示される1次の偏心像面湾曲の値を小さくすることを達成し、偏心像面湾曲を良好に補正し、振動補償をした変倍光学系を実現している。

【0081】前述のようにして諸収差を良好に補正しつつ、偏心像面湾曲を補正可能とした振動補償の変倍光学

系において、諸偏心収差を更に良好に補正するための条件について考える。

【0082】前述の偏心像面の補正を実現するために第2群及び第3群へ入射する近軸光線の存在範囲は限定されている。

【0083】そこで他の偏心収差を補正するためには各レンズ群の収差係数の大小関係を適切に設定するか、隣近軸光線の入射角を適切に設定することが必要となる。隣近軸光線の入射角を適切に設定するためには絞りの位置を移動させる手段と、各レンズ群の屈折力配置を変更する手段があるが、レンズの外径や全長をコンパクトにする条件や、前述の偏心像面湾曲を補正する条件を考慮すれば、この2つの手段はどちらもほとんど用いることができない。そこで、各レンズ群の収差係数の大小関係を適切に設定することが必要となる。

【0084】前述した4群構成の変倍光学系において、レンズ全長をコンパクトにすると共にズームの際のレンズ群の移動量を極力少なくするために、第1群及び第2群の屈折力は通常比較的強く設定されている。

【0085】又、これらのレンズ群はレンズ全長のコンパクト化や、低コスト化のために少数枚のレンズ構成とするのが一般的であって、そのため必然的に第1群及び第2群の3次収差係数は補正不足型の比較的大きな値となっている。特に望遠端に注目すれば、第1群は近軸軸上光線の入射高が高く、又全系の屈折力に比して強い屈折力を持ったレンズ群であるため、特に球面収差係数が大きくなる傾向を持っている。

【0086】そこでこのような構成の変倍光学系においては第2群の球面収差係数を適切にすることによって第1群の球面収差係数をキャンセルし、全系の収差を良好に補正している。

【0087】又、コマ収差係数等についても、近軸光線の入射高に対する依存度に応じて球面収差係数とはその大きさは異なるものの略同様なキャンセル関係にある。

【0088】このような光学系の特に望遠端において1次の偏心コマ収差(HIE)を小さく補正することを考える。

$$0.6 < R_{1,1} / F_1 < 1.2$$

$$3.0 < R_{1,3} / F_1$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【0094】第1群の形状に上記の限定を施すことによって主と振動補償時の画面中心付近の画質に影響を及ぼす偏心コマ収差をより良好に補正することができる。

【0095】次に上述の条件式(4)、(5)及びその下限値及び上限値について説明する。

【0096】条件式(4)は第1群の焦点距離に対する第1群の最も物体側のレンズ面の曲率半径の割合を規定するものである。

【0097】条件式(4)の上限値を越えて曲率半径が緩くなると、第1群の屈折力を適切に保ったまま第1群

*【0089】1次の偏心コマ収差を表す前述の(e)式において、前述の偏心像面湾曲の補正条件を満足することを考慮し、又このような構成の変倍光学系においては、レンズ外径のコンパクトのために絞りは通常第2群より後方に配置されることを考慮すれば、(e)式の中の近軸光線の入射角は略次のような大小関係を持っている。

$$0 < -\alpha_r' < \alpha_r$$

$$\alpha_{ar} < \alpha_{ar}' < 0$$

又、球面収差係数及びコマ収差係数について前述のように、第1群と第2群は略キャンセル関係にあり、第3群、第4群は比較的小さい値を取るため、(e)式の値は第1項と第3項は略無視でき、第2項及び第4項の値が支配的となる。しかも球面収差係数とコマ収差係数の大小関係は近軸光線の入射高h及びh_aの大小関係に依存しており、偏心像面湾曲を良好に補正するという条件下ではその大小関係を制御するのはなかなか困難である。

【0091】そこで本発明では(e)式に示される1次の偏心コマ収差の値を小さくするため、(e)式の第4項及び第5項の値そのものを小さくしている。即ち第1群及び第2群の球面収差係数及びコマ収差係数を可能な限り小さい値とするような適切なレンズ形状を提案している。

【0092】レンズ形状の限定は第2群で行っても良いのだが、第1群の方がレンズ外径が大きくなり易く、コンパクト化のために形状の自由度が少なくなって特徴的な形状となり易いため、第1群の形状を限定して本発明を更に良好とした場合の特徴を説明する。

【0093】本発明では更に良好な振動補償の変倍光学系を達成するために、前述の構成に加えて、更に物体側より順に前記第1群は物体側に凸面を向けたメニスカス状の負の第11レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス状の正の第12レンズとを貼り合わせた接合レンズ、そして正の第13レンズの3つのレンズより成り、該第1群の第1番目のレンズ面の曲率半径をR_{1,1}、該第1群の焦点距離をF₁としたとき

$$\dots\dots (4)$$

$$\dots\dots (5)$$

の3次の球面収差係数を小さく補正することが困難となる。又条件式(4)の下限値を越えて曲率半径がきつくなるとズームにおける諸収差の変動、特に歪曲等の変動を補正することが困難となる。

【0098】条件式(5)は条件式(4)と組み合わせ第1群の形状と適切とするものであり、第1群の焦点距離に対する第1群の物体側から3番目のレンズ面の曲率半径の割合を規定するものである。

【0099】条件式(5)の下限値を越えて曲率半径がきつくなると(4)式の条件を満足する構成としたときに、第1群を構成する各レンズ面の曲率半径をそれぞれ

きつくしなければならなくなつて、所定の開放F値のレンズを構成するための第1群の全長を長くすることが必要となつてコンパクト化、軽量化に適さなくなる。又、ズームの際の諸収差、特に非点収差や歪曲の補正も困難となる。又物体側から3番目のレンズ面の曲率中心位置が、このレンズ面より物体側となつてメニスカス形状でなくなると、第1群の屈折力を適切に保ったまま第1群の3次の球面収差係数を小さく補正することが困難となる。

【0100】本発明では以上説明したように、条件式(4)及び条件式(5)によって第1群の各レンズ面の形状を適切に設定することにより、主として第1群の3次の球面収差係数を小さく補正することにより、同時に3次のコマ収差係数をも小さく補正し、その結果第2群の収差係数が小さい値で十分となるように設定して、主として偏心コマ収差を良好に補正することに成功している。

【0101】次に本発明において第2群を光軸と垂直方向に平行偏心させると共に光軸上の一点を回転中心として回転させることにより撮影画像のブレを補正する光学効果について説明する。

【0102】本発明に係る変倍光学系では、変倍及び像面位置の補正のためにレンズ群が光軸上を移動する。そのため、一般に近軸光線の換算傾角 α 、 αa や入射高 h 、 ha は変倍状態に応じて変化する。従つて上述のように変倍光学系の一部のレンズ群を光軸と垂直な方向に移動させて振動を補償する構成では変倍状態に応じて偏心収差の発生量が移動する。

【0103】そこでこの偏心収差の変動を見込んで、変倍状態に応じて所定量だけ残存させたり、あるいは振動補償の効果が顕著となる望遠端を重視した収差補正を行なったりすることが設計手法として考えられる。

【0104】本発明では光軸と垂直な方向に移動させたレンズ群をそのレンズ群の内部あるいは近傍に存在するそのレンズ群の光軸上の一点を回転中心として微少回転

させることによって偏心収差の補正のための自由度を増し、各変倍状態における偏心収差の発生そのものを小さく補正している。

【0105】一般に光学系の一部のレンズ群を所定の回転中心を中心として回転させた場合の偏心収差の発生についても、収差論的な立場より、前述の平行偏心の場合と同様に示されている。

【0106】本発明はこのように、偏心収差が回転によつても発生するという点に着目し、平行偏心させたレンズ群を微少回転させることによつて残存する偏心収差を良好に補正している。

【0107】本発明は、平行偏心させたレンズ群の微少回転の回転量を変倍光学系の変倍状態と平行偏心の移動量に基づいて決定する構成とし、それぞれの状態に応じて偏心収差の発生を十分に小さく補正している。

【0108】前述した図1、図2の数値実施例1、2では望遠型のズームレンズへの適用例を示したが、それは前述のように振動補償効果が最も顕著となる場合を想定して具現化したからであり、本発明の技術思想はこの他の構成の変倍光学系、即ち例えば標準ズームレンズや、多群高変倍比のズームレンズ等にも良好に適用することが可能である。

【0109】又、本発明の微少回転の回転量は、望ましくは変倍光学系の変倍状態と平行偏心の駆動量に応じて決定する構成とすべきであるが、制御装置の簡略化を目的として例えば中間焦点距離領域の場合にのみ所定量だけ回転させるといった構成とし、望遠端及び広角端とその近傍領域では平行偏心駆動のみとすると共にこの際に最適となる光学設計を行うという手法も可能である。

【0110】次に本発明の数値実施例を示す。数値実施例においてR1は物体側より順に第1番目のレンズ面の曲率半径、D1は物体側より第1番目のレンズ厚及び空気間隔、N1と ν 1は各々物体側より順に第1番目のレンズのガラスの屈折率とアッペ数である。

(数値実施例1)

R 1= 105.37	D 1= 2.90	N 1=1.80518	ν 1= 25.4
R 2= 69.27	D 2= 6.60	N 2=1.51633	ν 2= 64.2
R 3= 581.08	D 3= 0.20		
R 4= 118.03	D 4= 4.90	N 3=1.48749	ν 3= 70.2
R 5=-735.89	D 5= 可変		
R 6=-181.07	D 6= 1.50	N 4=1.77250	ν 4= 49.6
R 7= 81.75	D 7= 5.74		
R 8= -75.27	D 8= 1.52	N 5=1.77250	ν 5= 49.6
R 9= 40.31	D 9= 4.49	N 6=1.84666	ν 6= 23.9
R10= 350.97	D10= 可変		
R11= 105.09	D11= 7.10	N 7=1.51742	ν 7= 52.4
R12= -31.61	D12= 2.10	N 8=1.80518	ν 8= 25.4
R13= -56.36	D13= 可変		
R14= (絞り)	D14= 1.90		
R15= 24.86	D15= 8.59	N 9=1.60311	ν 9= 60.7

(11)

特開平5-232410

19

20

R16= -308.92	D16= 1.52	N10=1.77250	ν 10= 49.6
R17= 78.19	D17= 1.16		
R18= 41.85	D18= 1.94	N11=1.83400	ν 11= 37.2
R19= 16.18	D19= 7.02	N12=1.60729	ν 12= 49.2
R20= 54.86	D20= 4.52		
R21=1381.43	D21= 3.51	N13=1.60342	ν 13= 38.0
R22= -55.75	D22= 6.41		
R23= -20.70	D23= 1.68	N14=1.80400	ν 14= 46.6
R24= 29.79	D24= 5.30	N15=1.61293	ν 15= 37.0
R25= -38.91			

【0111】

【表2】

焦点距離 可變間隔	101.85	150.31	294.77
D 5	2.47	30.04	58.19
D 1 0	35.30	26.76	1.54
D 1 3	7.80	2.70	13.70

$\phi 1 / \phi T = 2.15$
 $\phi T 1, 2 / \phi T = -1.63$
 $P 3, 4 = 2.80$
 $R 1, 1 / F 1 = 0.78$
 $R 1, 3 / F 1 = 4.24$
 (数值实施例2)

R 1= 134.24	D 1= 3.00	N 1=1.80518	ν 1= 25.4
R 2= 80.34	D 2= 7.80	N 2=1.51633	ν 2= 64.2
R 3= 1510.74	D 3= 0.20		
R 4= 91.47	D 4= 7.10	N 3=1.48749	ν 3= 70.2
R 5= -5065.33	D 5= 可變		
R 6= -212.80	D 6= 1.50	N 4=1.77250	ν 4= 49.6
R 7= 47.77	D 7= 5.92		
R 8= -46.22	D 8= 1.50	N 5=1.69680	ν 5= 55.5
R 9= 53.50	D 9= 3.60	N 6=1.84666	ν 6= 23.8
R10= -282.77	D10= 可變		
R11= 75.35	D11= 5.80	N 7=1.56444	ν 7= 43.8
R12= -28.08	D12= 1.50	N 8=1.80518	ν 8= 25.4
R13= -59.47	D13= 可變		
R14= (紋り)	D14= 1.00		
R15= 47.39	D15= 6.00	N 9=1.60311	ν 9= 60.7
R16= -40.76	D16= 0.90		
R17= -40.84	D17= 1.50	N10=1.83400	ν 10= 37.2
R18= -369.86	D18= 0.20		
R19= 35.96	D19= 2.60	N11=1.48749	ν 11= 70.2
R20= 69.87	D20= 3.19		
R21= 129.52	D21= 2.80	N12=1.60311	ν 12= 60.7
R22= -110.56	D22= 0.20		
R23= 76.24	D23= 2.00	N13=1.53256	ν 13= 45.9
R24= 21.14	D24= 1.78		
R25= 59.07	D25= 4.60	N14=1.59551	ν 14= 39.2
R26= -20.18	D26= 1.30	N15=1.77250	ν 15= 49.6
R27= 70.55			

【0112】

【表3】

焦点距離 可変間隔	75.53	150.94	292.50
D 5	3.00	48.12	68.80
D 1 0	37.90	25.02	1.44
D 1 3	24.10	14.18	22.56

$$\phi 1 / \phi T = 2.17$$

$$\phi T 1, 2 / \phi T = -1.48$$

$$P 3, 4 = 3.63$$

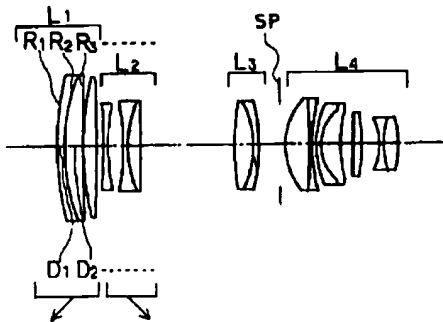
$$R 1, 1 / F 1 = 0.99$$

$$R 1, 3 / F 1 = 11.18$$

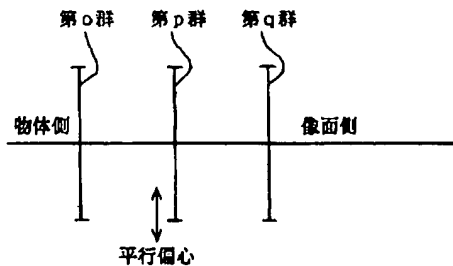
【0113】

【発明の効果】本発明によれば前述の構成の変倍光学系において、第2群を光軸と垂直方向に平行偏心又はそれと共に光軸上の一点を回転中心として回転偏心させることにより画像のブレを補正すると共に、偏心に伴う偏心収差の発生量を極力押さえた高い光学性能を維持することのできる防振機能を有した変倍光学系を達成することができる。

【図1】



【図9】



【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の数値実施例1のレンズ断面図

【図2】 本発明の数値実施例2のレンズ断面図

【図3】 本発明の数値実施例1の広角端の収差図

【図4】 本発明の数値実施例1の中間の収差図

【図5】 本発明の数値実施例1の望遠端の収差図

【図6】 本発明の数値実施例2の広角端の収差図

【図7】 本発明の数値実施例2の中間の収差図

【図8】 本発明の数値実施例2の望遠端の収差図

10 【図9】 本発明において偏心収差補正を説明する為のレンズ構成の模式図

【図10】 本発明において偏心収差補正を説明する為のレンズ構成の模式図

【符号の説明】

L 1 第1群

L 2 第2群

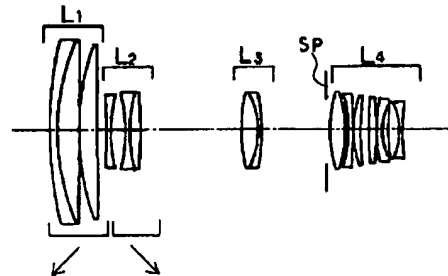
L 3 第3群

L 4 第4群

S.P. 絞り

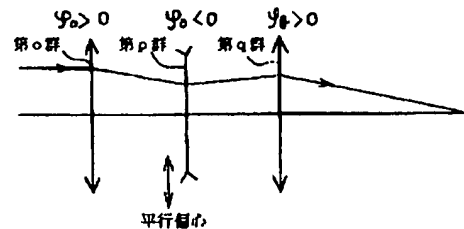
20 h 像高

【図2】

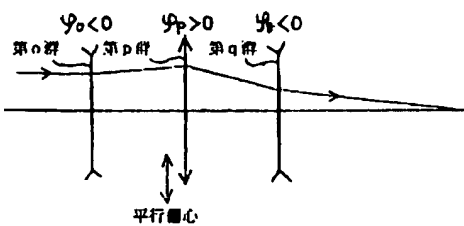


【図10】

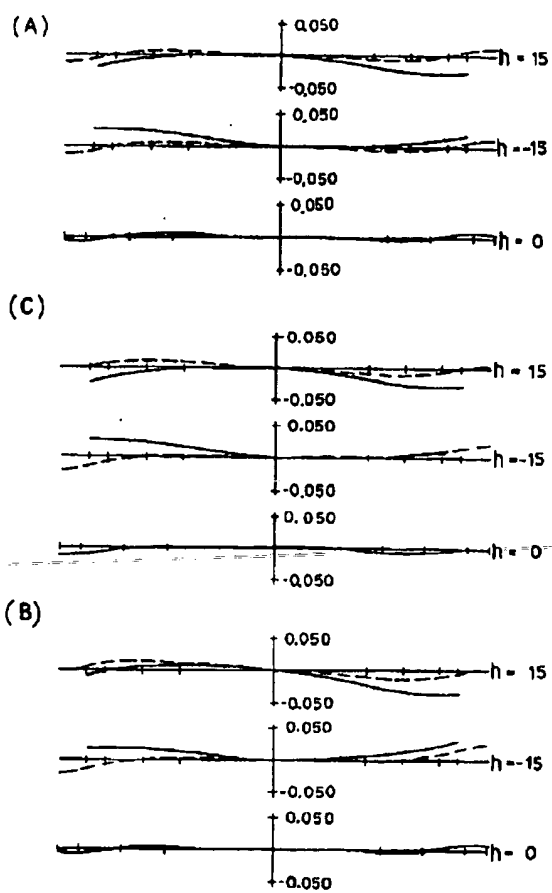
(A)



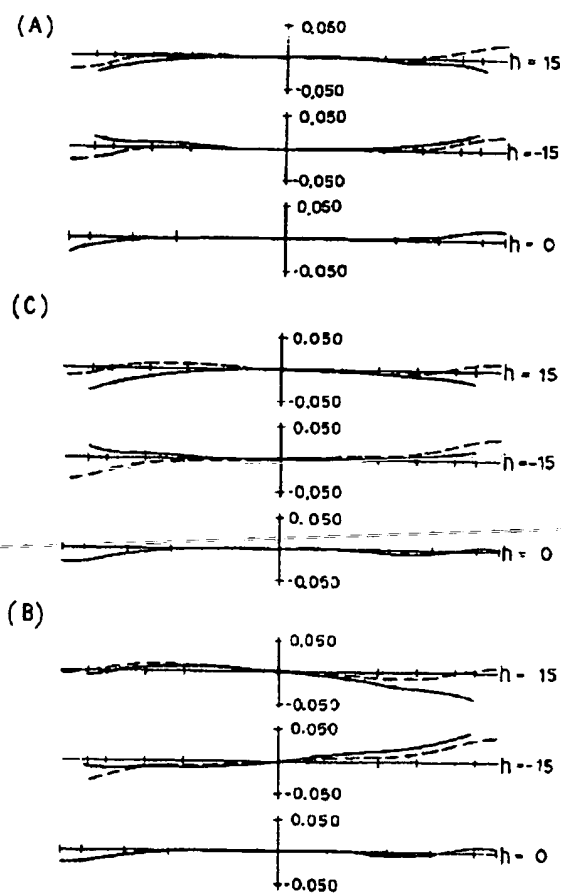
(B)



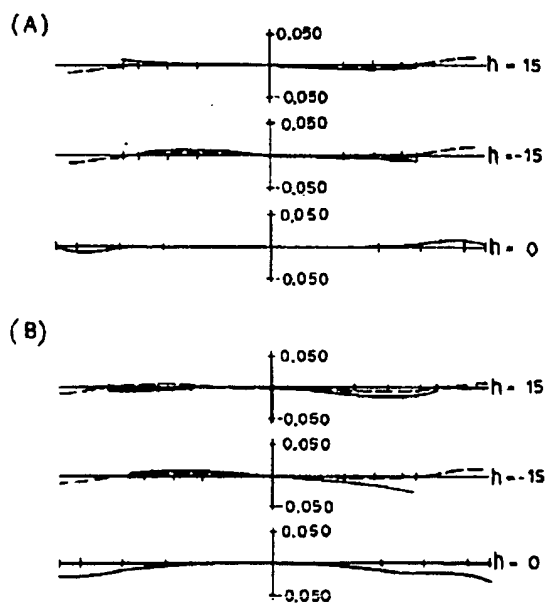
【図3】



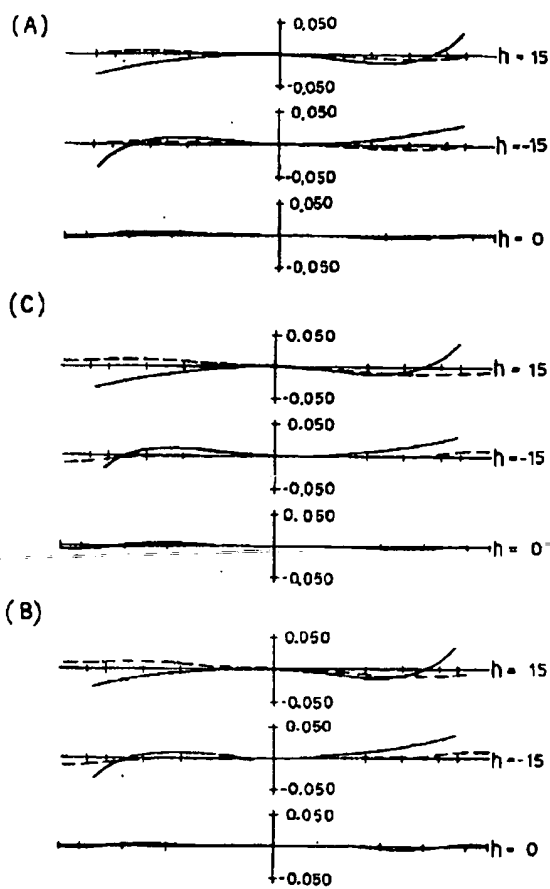
【図4】



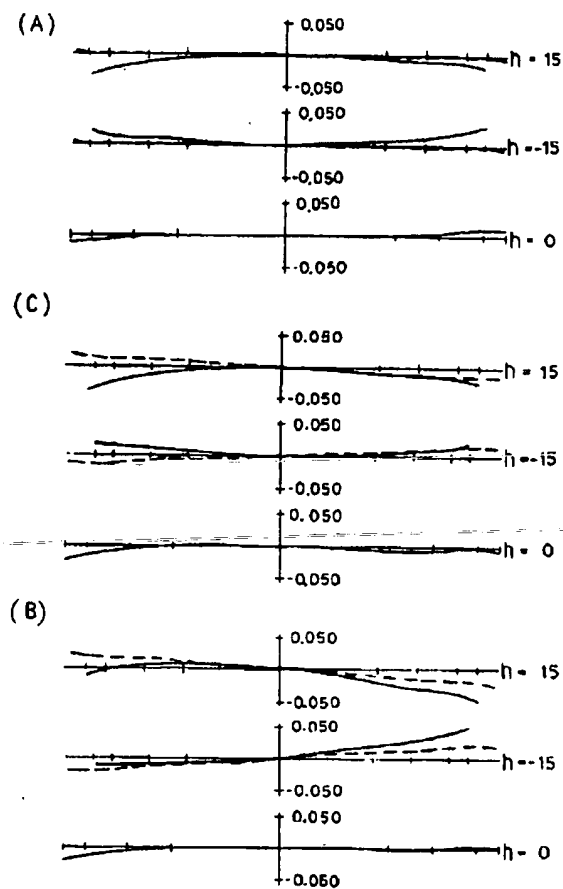
【図5】



【図6】

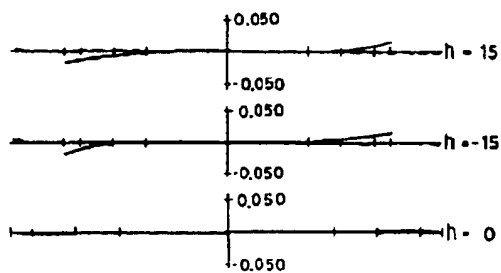


【図7】



【図 8】

(A)



(B)

